

Isbildning på vindkraft.

Hantering med utvecklade isbidningsmodeller.

Utvärderingar mot T19IceLossMethod 2023-2024 Modity/Rebase

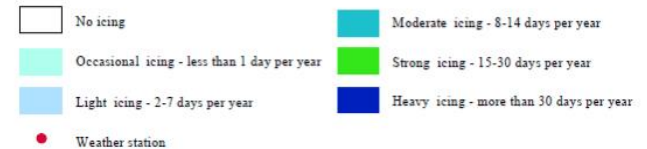
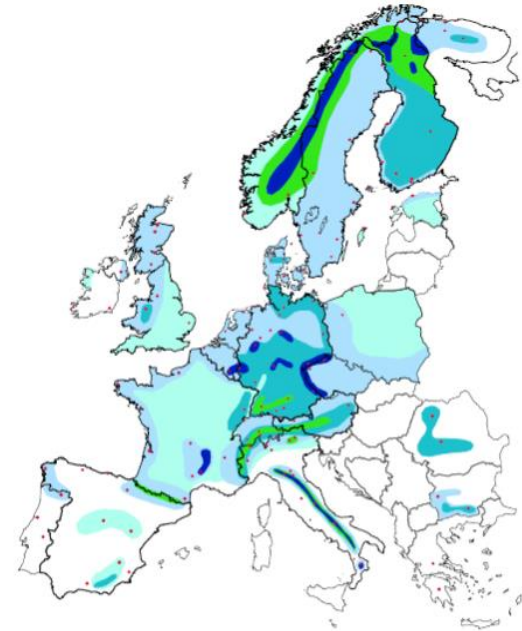


Metoder

- En vindpark i SE2
- Initialt ej tillgång till realtidsdata, använder endast väderprognosdata
- Tillgång till realtidsdata och samkörning(T19). Uppskattar is-förluster baserat på mätningar på turbinnivå från såväl aktuell park som närliggande parker.

Problemställning: Nedisning leder till höga produktionsbortfall och obalanskostnader

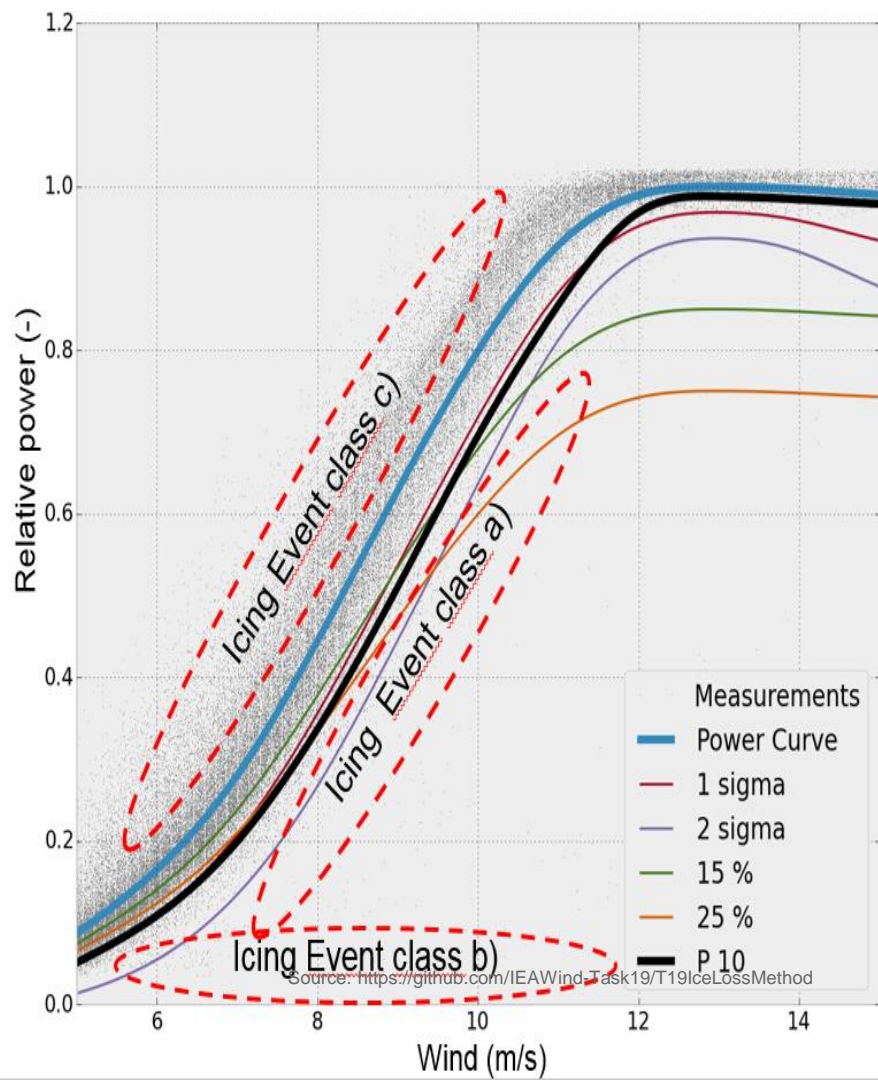
- Uppgår i SE2 upp till 25 % av den totala årliga obalansvolymen för en större vindkraftspark
- Energiprognosfelen under vintermånaderna är 20-30% högre (MAPE 35 % vs 25 %)
- Någon dålig prognosdag kan förstöra vindparkens/balansansvarigs intjäning under ett helt år"



Metoder- T19 Metod

Kräver mätningar på turbinnivå

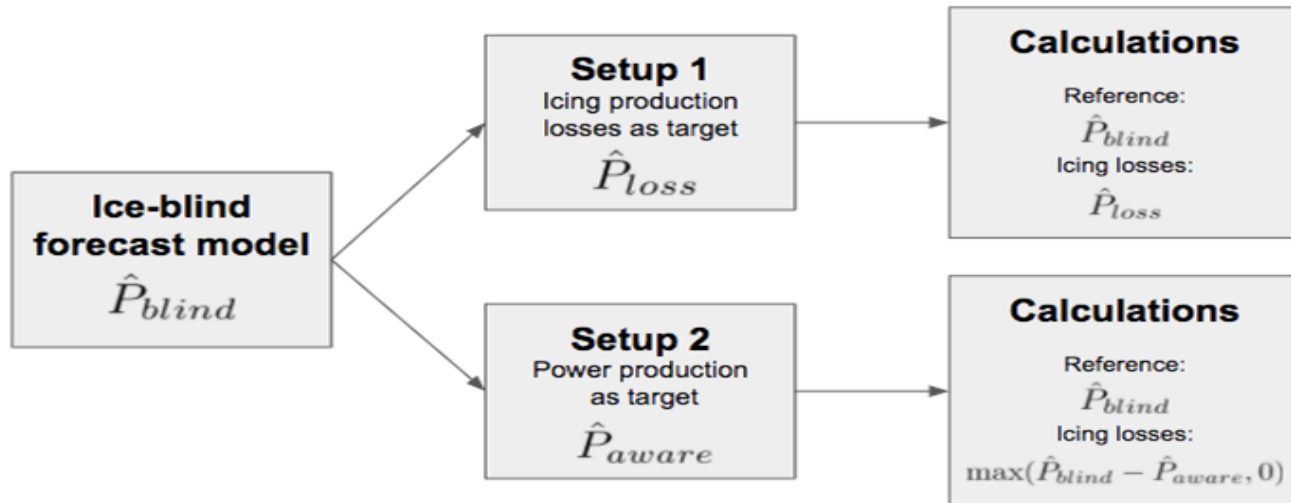
- Vindhastighet
- Temperatur
- Effekt
- Driftsläge (Non Ice mode / ice Mode)
- Stegvisa modell-processer
- Bygger den isfria effektkurvan
- Bestämmer isläggningsintervallen/klasserna
- Uppskattar produktionsförluster under isläggningsintervallen mht historiken
- Kan inte användas som ett precist prognosverktyg men är en bra indikation



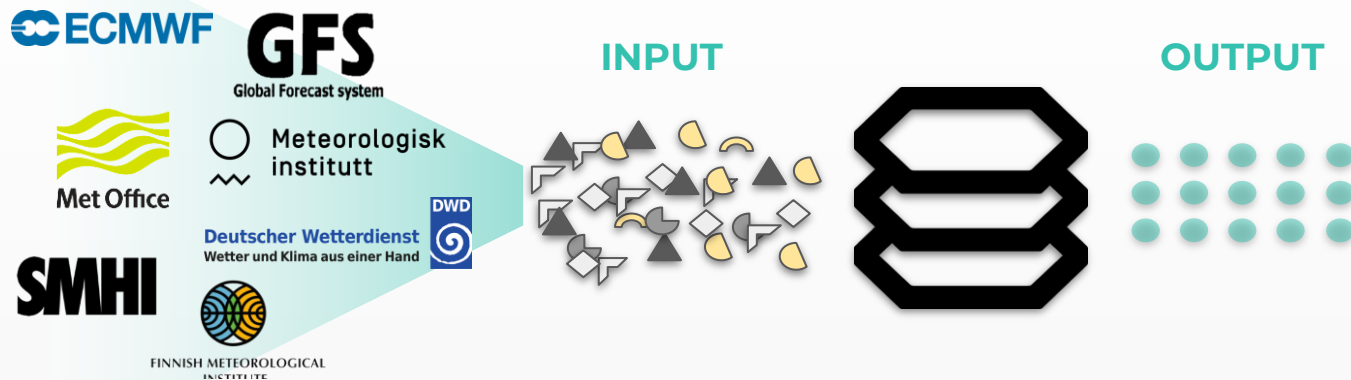
Prognostisera isförluster

- Använd maskininlärningsbaserade prognosmodeller för att förutsäga isförluster
- Använd T19 Method för att skapa träningsuppsättning och referens
- Utveckla en modell som använder väderobservationer och realtidsdata på turbinnivå
- Utveckla en modell som förutsäger isbildning endast med hjälp av historiska produktionsdata och realtidsdata
- Utveckla en modell som kan användas på park- eller nätområdesnivå/Elområden

Approach



Ensemble av flera NWP väger in fysikaliska paramtrar för isbildning



Set-up av flera variable som kan indikera förutsättningar för mängden isbildning vilken kan påverka produktionen

Numeriska väderprognosmodeller

MetCoOp MEPS

DWD ICON-
EU

MetOffice
Global 10km

ECMWF IFS

NCEP GFS

X

Vädervariabler i modellerna

Temperatur

Vindhastighet
10m

Vindhastighet
100m

Relativ
luftfuktighet

Lufttryck

Nederbörd



230 isbildningsindikatorer och prognosparametrar

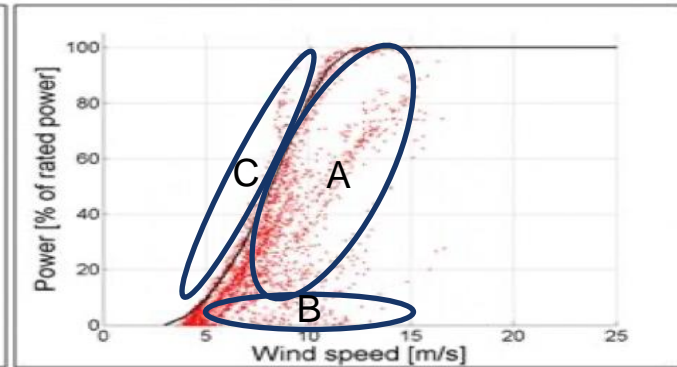
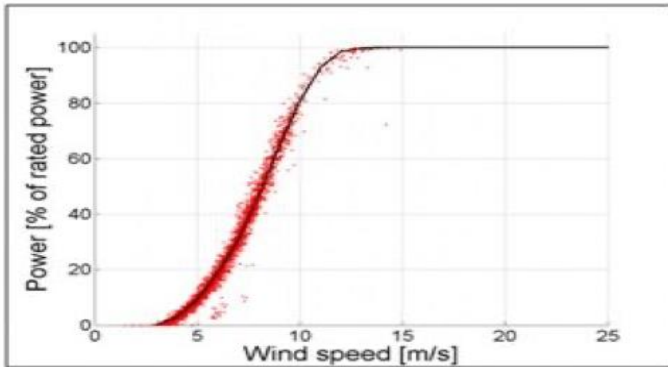
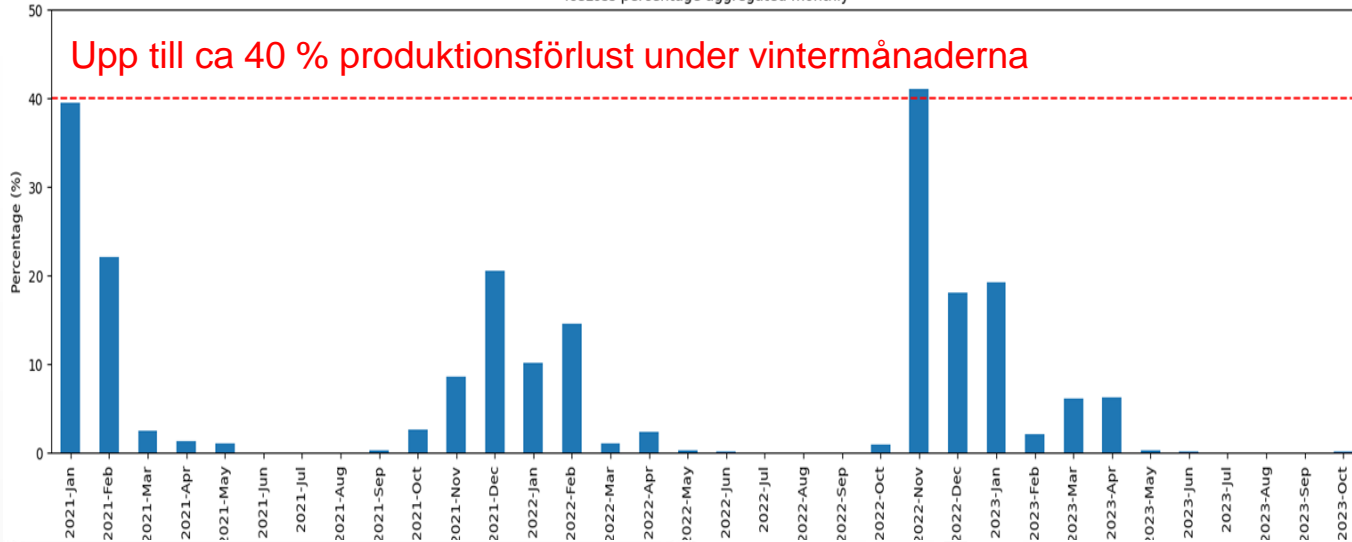
Åskälen, isbildningsstudie

- Koordinater: 63.5199, 15.1387
- Kapacitet: 228 MW
- Driftsatt: 2020
- Produktionsdata 2021-11-01 till 2014-02-29
- Dataupplösning per timme
- Testuppsättning data 2023-11-01 till 2024-02-29



Produktionsförluster på grund av isbildning

IceLoss percentage aggregated monthly

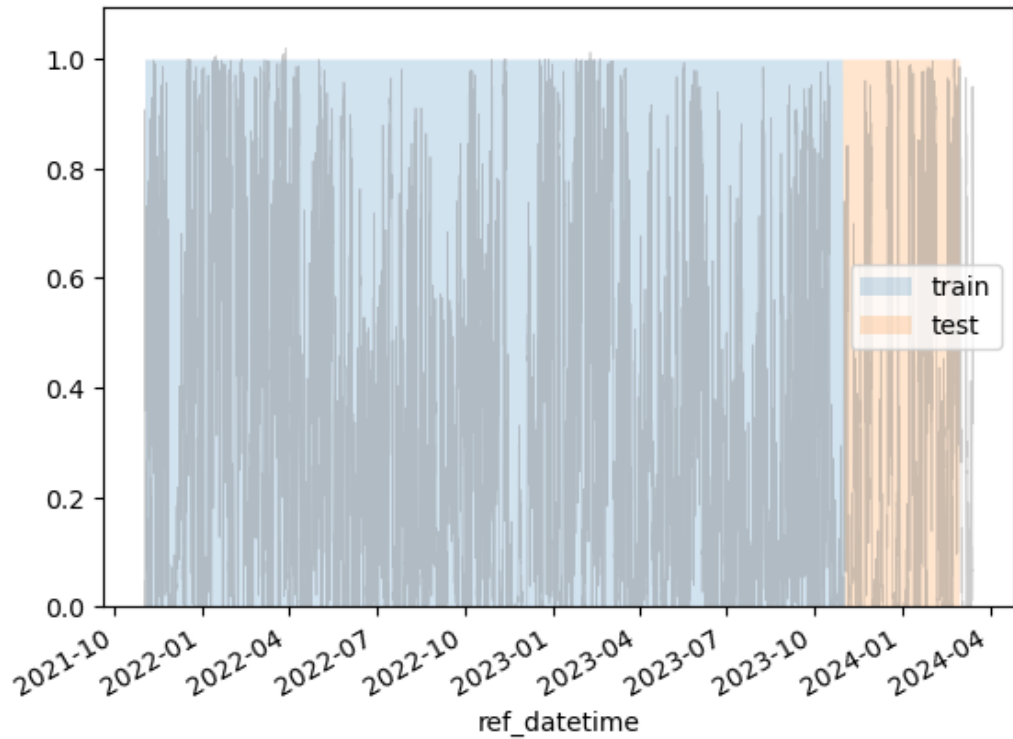


Production Data – May

Production Data – November

Åskälen

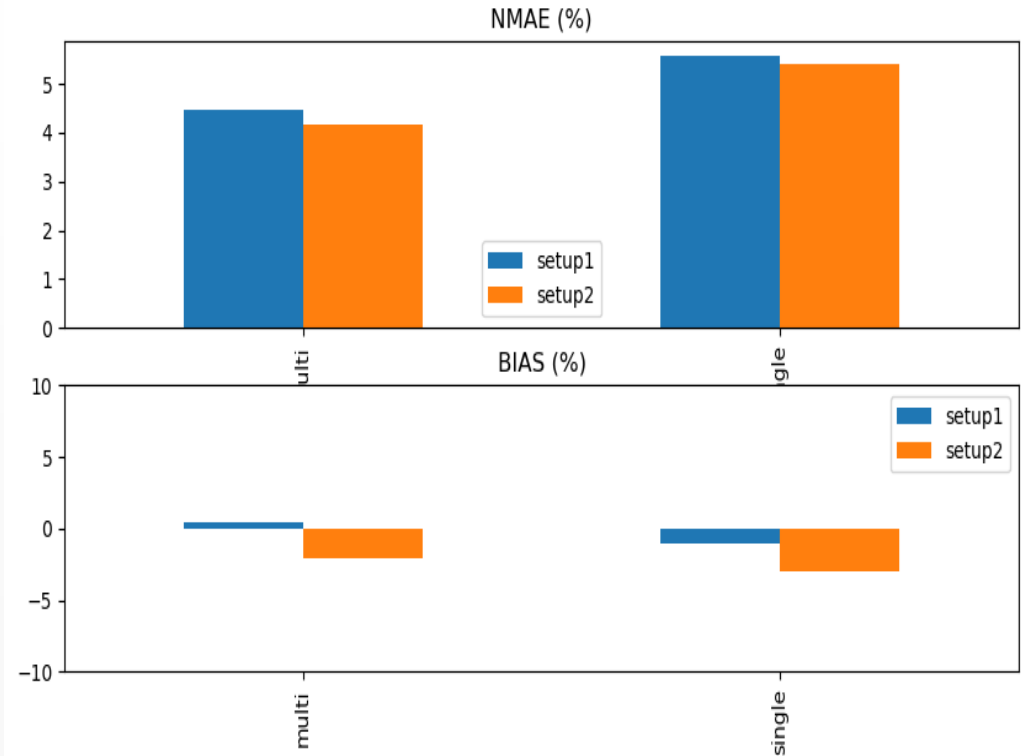
Train/Test split





Resultat - Setup1 vs Setup2

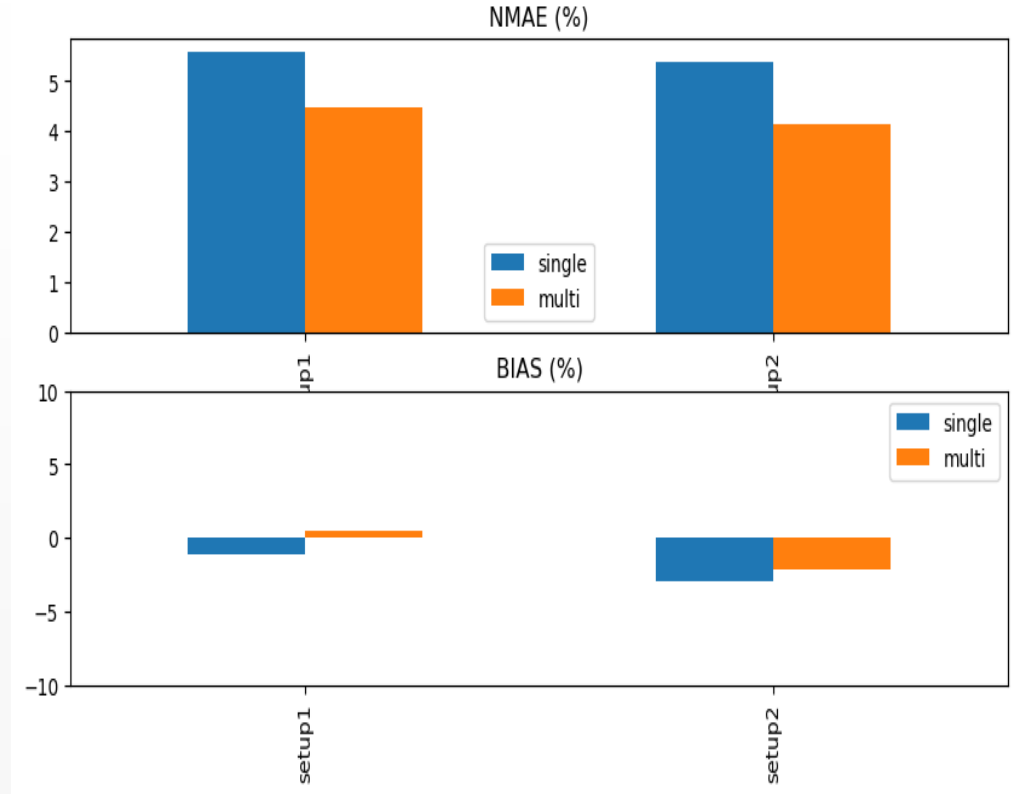
- Iceblind-Isaware modell presterar bättre än T19-baserad modell
- Setup2-modeller visar en 5% prognos-skill när man har Setup1 som baslinje
- Setup2-modeller visar en något större bias



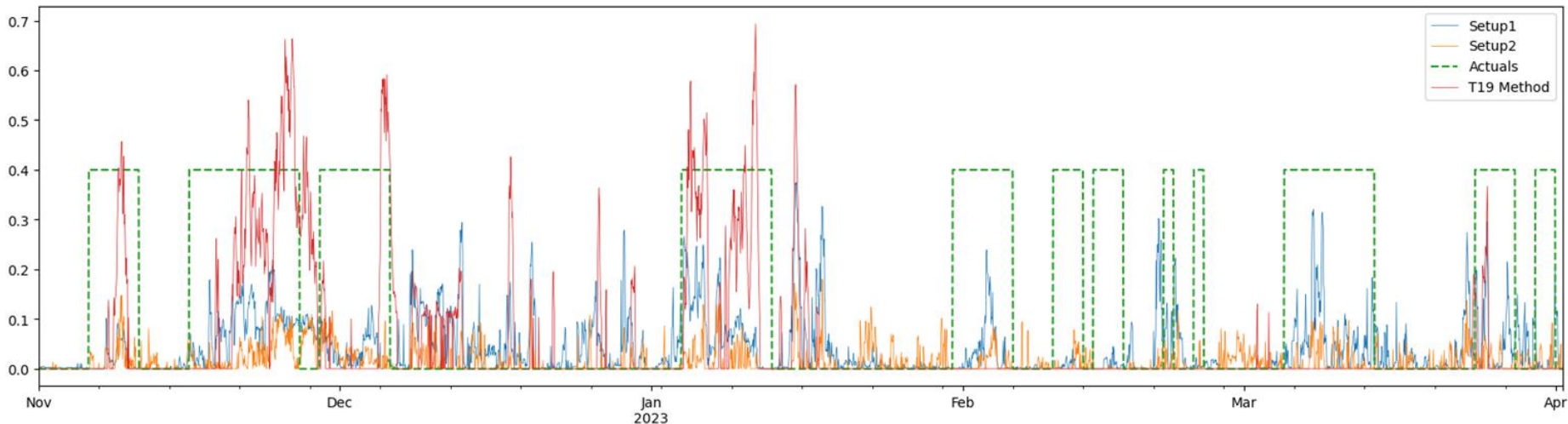


Resultat - Single vs Multiple NWP

- Flera NWP leder till bättre prognoser och mindre fel
- Ensembleprognoser och fler prognoser medför drygt 21 % bättre prognoser
- Aningen högre bias med ensemblemodeller



Nedisningshändelser – observationer och realtidsdata

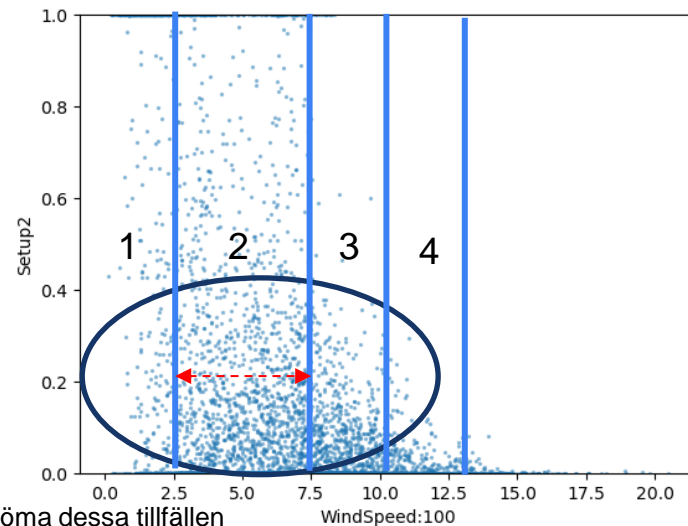
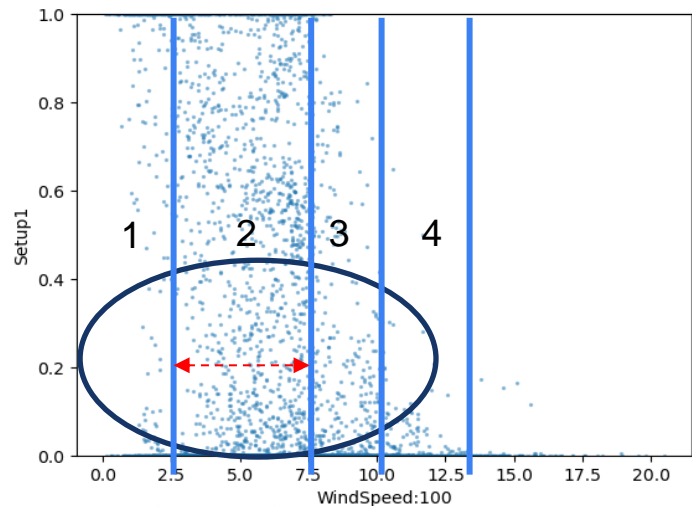


-
-
-

Fler falska och överskattade istillfällen med tidigare modeller
Bättre modellering av när parker producerar med viss reduction och kör i ice-mode
Tidigare modeller överskattar isbildningsrisken för mycket

Isförlust vid olika vindstyrkor

- Båda modellerna fångar avsaknaden av ispåväxt vid högre vindhastigheter
- Setup2 har en lägre isförlust och är mer precis



1: Lite vind och liten påverkan på produktionsprognosen, kan bygga på men rel lätt att bedöma dessa tillfällen

2: Det svåraste intervallet och även där det bygger på mest is vilket är svårast att förutse ökning/minskning av is på vindkraftverkens blad som påverkar produktionen. Mestadels sidledes is om den redan finns eller potentiellt tillväxtzon om fysikaliska förutsättningar finns. Vindökning=>Minskning och Vindminskning=>Ökning

3: Mestadels ett intervall där isen börjar minska vid vindökning alternativt öka vid mojnande vind. Oftast kan vindkraftverken producera med viss isbeväxt(Ice-Mode) men ngt lägre effekt(100-50% mindre)

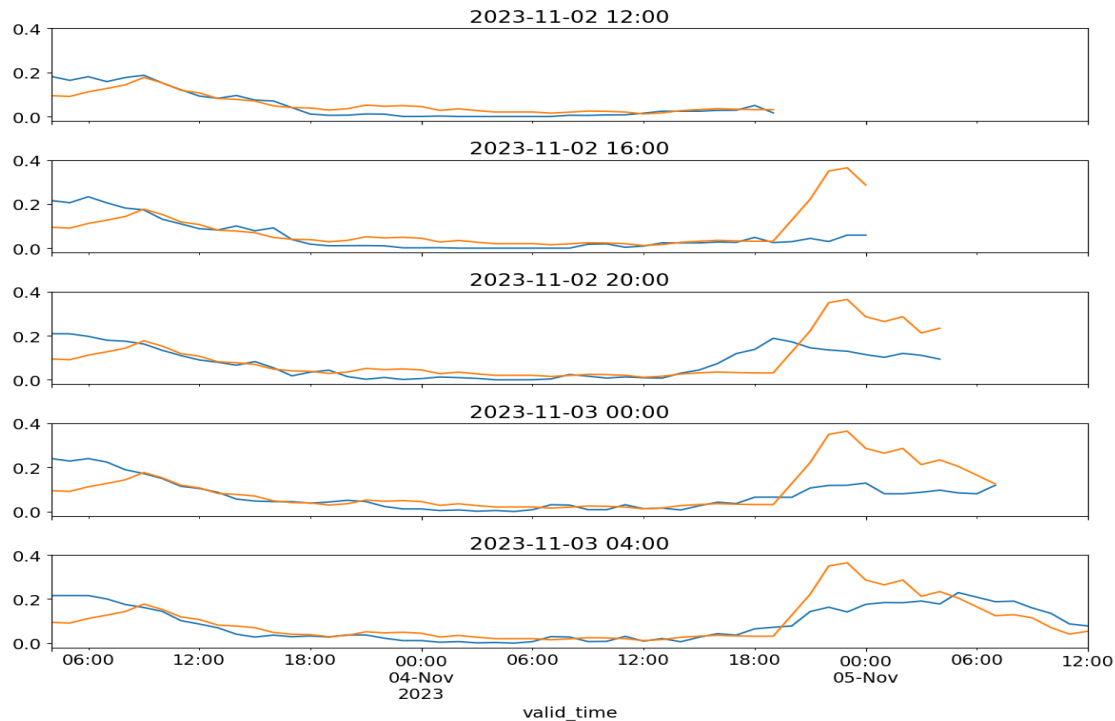
4: Sällan ispåväxt i detta intervall och ofta kan vindkraftverken producera utan större påverkan(0-10% mindre)

Verifikation

Exempel från ett isbildningstillfälle 4-5 november

Isbildningsmodell lyckades fånga en verifierad isbildningshändelse natten mellan den 4-5 november. När händelsen närmade sig ökade modellen noggrannheten i både amplitud och fas.

Ökad handel och beredskap minimerade obalanserna både för producenten, SvK och för Modity.

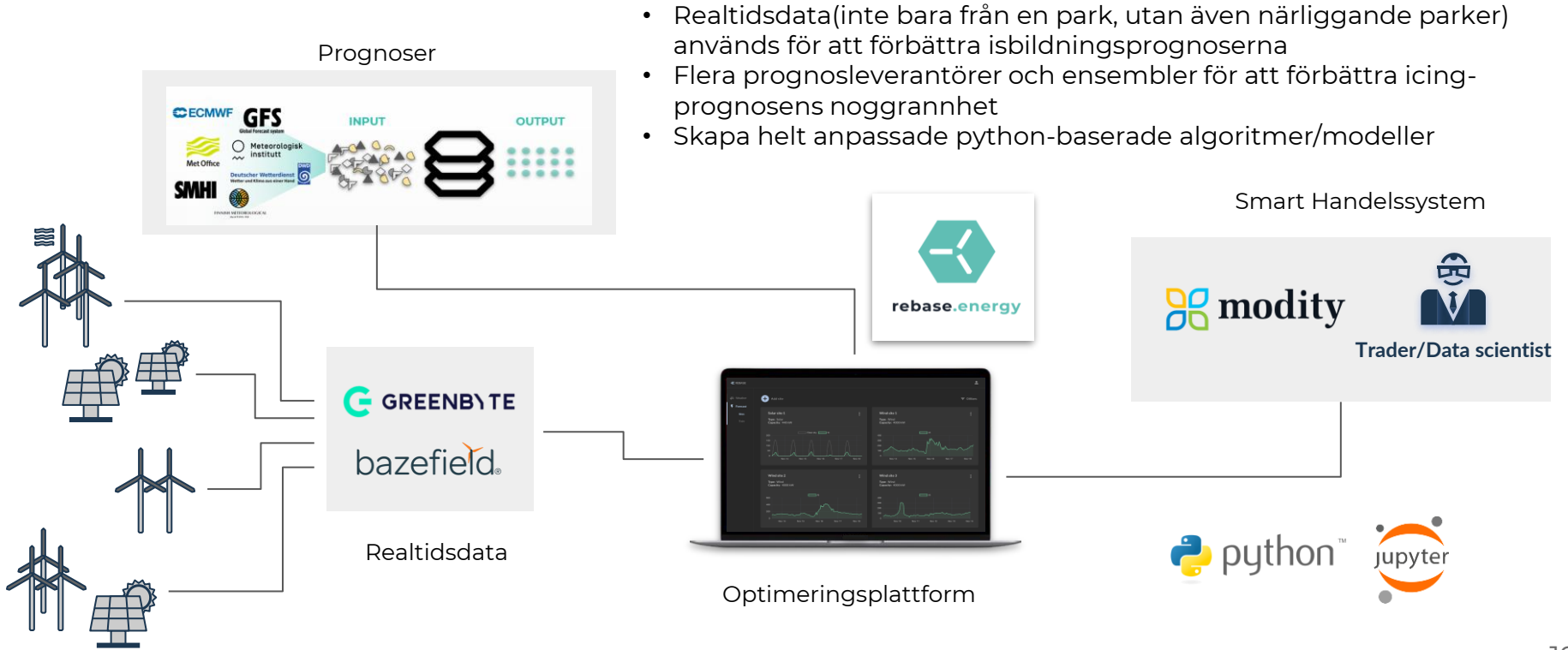


Sammanfattning

- T19-Metoden kan användas av statistiska modeller för att producera isförlustprognoser
- Att skapa flera NWP:er och mer realtidsdata förbättrar prognoserna avsevärt
- Att ha fler indikatorparametrar och applicera AI gör att det renodlar isbildningstillfällena
- Nedisningshändelser kan då också förutses med en längre prognoshorisont

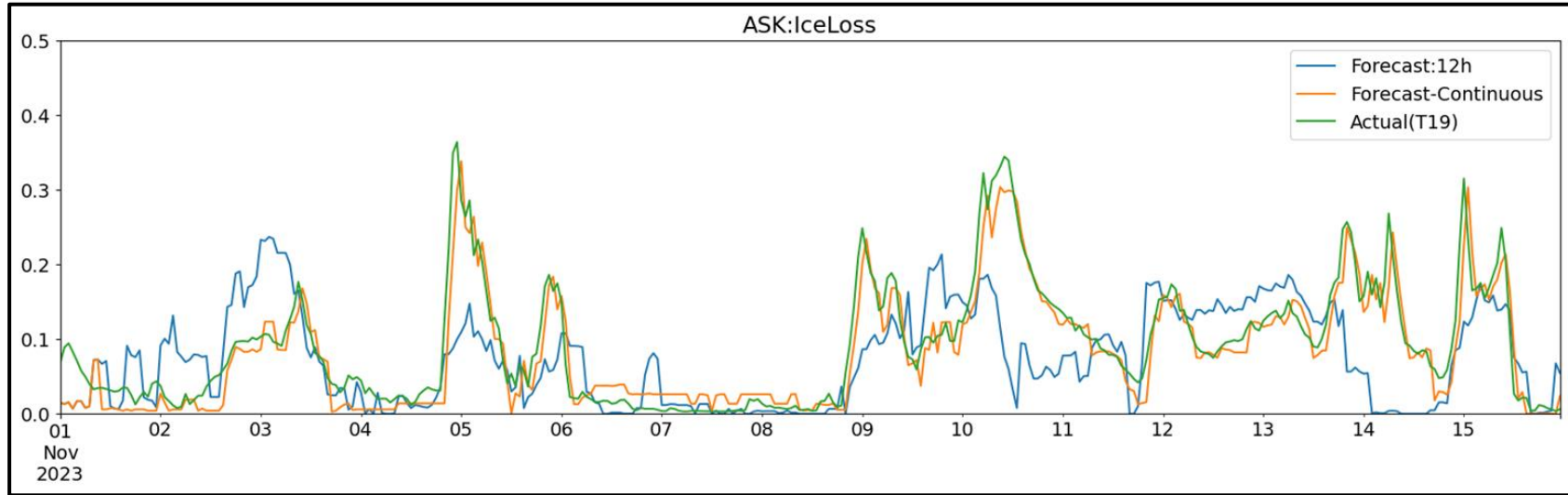


Processflöde och väderkunskap ger informationsöverlägsenhet



- Realtidsdata (inte bara från en park, utan även närliggande parker) används för att förbättra isbildningsprognoserna
- Flera prognosleverantörer och ensembler för att förbättra icing-prognosens noggrannhet
- Skapa helt anpassade python-baserade algoritmer/modeller

Studier av flera isbildningstillfällen under testsäsongen 2023-2024



- Båda modeller setup2, Forecast-Continuous har med realtidsdata och är således bättre på att i närtid prognostisera rätt isbildningsnivå.
- Perioden rel likartad mellan modellerna. Forecast 12h ger bra indikation men missar ofta amplituden/graden av isbildningsreduktionen.
- Vindhastigheten avgörande i de fall där det kan fortsätta producera trots isbildningsbegränsning.
- Isbildningsmodellen ger en riktningssindikation på både graden av och längden på en isbildningshändelse
- Sammantaget kan dessa ge information hur det påverkar energisystemet
- Optimering och planering av produktionen och handel hanterar då risken bättre.

Positiva resultat från förra is-säsongen gör att vi är beredda att ta nästa steg:

- Distribuera prognosmodeller och isbildningsprognoser på fler vindkraftsparker, prisområdesnivå och från fler leverantörer.
- Förbättra visualiseringen och prognostiseringen för handelssystem.
- Integrera fler parametrar från parkernas SCADA-system.
- Samarbeta med producenter och turbintillverkare.
- Förbättra prognostiseringsmetod för att bättre förutse när is-risk föreligger och när den släpper.
- Vara med och bistå turbintillverkare i att utveckla bättre avisningssystem.
- Förbättrat resultat med mer data, realtidsdata och AI
- Isbildning är komplicerat och resultaten har visat att detta
- Troligen är bäst att ha separata modeller som behandlar isuppbyggnad och när isen försvinner och kombinera dessa med de ordinarie modellerna.